

IDENTIFICACIÓN DE DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES DE ALUMNOS Y DOCENTES DE EGB SOBRE LA FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS

Claudia Mazzitelli; Carla Maturano; Graciela Núñez y Raúl Pereira

*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales.
Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.
Argentina. E-mail: gnunez@ffha.unsj.edu.ar*

[Recibido en Junio de 2005, aceptado en Septiembre de 2005]

RESUMEN ^(Inglés)

En este trabajo analizamos las dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos de EGB 3 (edad promedio 14 años), relacionadas con la flotación de los cuerpos. Éste es un estudio exploratorio que se complementa con una indagación realizada a docentes del mismo nivel educativo, en la cual comprobamos que muchos de los problemas detectados en los estudiantes también se presentan en los docentes. Además, examinamos los textos consultados por docentes y alumnos, encontrando algunas coincidencias con los inconvenientes hallados.

Palabras claves: *flotación; dificultades; alumnos; docentes.*

INTRODUCCIÓN

Abocados a buscar soluciones a la problemática del aprendizaje de las Ciencias Naturales, hemos analizado las dificultades de los alumnos de EGB3, en contenidos relacionados con la flotación. Las dificultades de los estudiantes al aprender Ciencias podrían relacionarse con factores internos como la motivación o los conocimientos previos y con factores externos como el docente, las estrategias de aprendizaje o los libros de texto. Generalmente las investigaciones se centran en las dificultades de los alumnos para aprender ciertos temas (Baillo y Carretero, 1997) sin analizar las condiciones del entorno escolar que afectan los resultados de los aprendizajes.

Este trabajo se basa en un concepto de aprendizaje por construcción en el cual el que aprende reestructura el conocimiento que se enseña a partir del que ya posee. El modelo sobre los fenómenos físicos evoluciona en el proceso de aprendizaje desde el conocimiento intuitivo en dirección al conocimiento científico (Pozo y Gómez Crespo, 1998). El docente es el encargado de contextualizar el saber científico adaptándolo a las necesidades y demandas de los alumnos y del currículum. Sin embargo, en algunos casos el saber científico es reinterpretado a la luz de las concepciones propias de los docentes que, si fueran erradas, podrían involuntariamente contribuir al afianzamiento de las dificultades de los estudiantes. Por esto hemos indagado si los docentes de

Ciencias Naturales de EGB 3 han superado las dificultades que detectamos en los estudiantes en relación con el fenómeno de flotación y cómo los libros de texto abordan estos contenidos.

Seleccionamos este tema porque es uno de los contenidos que se trabaja comúnmente en EGB3 y permite tanto la relación directa con situaciones concretas y cotidianas como el tratamiento mediante experiencias sencillas.

FUNDAMENTACIÓN

Consideramos que las dificultades, tanto de alumnos como de docentes, podrían trascender el plano conceptual, involucrando también aspectos relacionados con los procedimientos.

En lo que se refiere a lo conceptual, focalizamos la atención en algunas magnitudes físicas (masa, volumen, densidad, peso, peso específico y empuje, entre otras) y las relaciones entre ellas que justifican por qué un cuerpo se hunde o flota en agua. No es nuestra intención hacer un análisis exhaustivo de la comprensión de la formulación matemática del principio de Arquímedes, sino de la explicación física del fenómeno de flotación.

Piaget e Inhelder (1972) han encontrado que para explicar la flotación es necesario dominar instrumentos operatorios propios del pensamiento formal, ya que dicha explicación no surge de la mera observación sino de un razonamiento hipotético-deductivo que, junto al manejo de la lógica proposicional, permiten al sujeto trabajar simultáneamente con dos relaciones: entre masa y volumen (a través del concepto de densidad) y entre el peso del objeto y el volumen de agua que desaloja. Estos investigadores explican la flotación en términos de densidades, omitiendo hacer el análisis desde el punto de vista de las fuerzas (peso y empuje) que se realiza comúnmente en los textos. Consideramos que este último enfoque es más adecuado para niveles de operaciones concretas donde los sujetos sí pueden llegar a entender que un equilibrio de fuerzas dejará el cuerpo suspendido flotando, una vez que son conscientes de que el empuje existe.

Respecto a los contenidos procedimentales, consideramos que involucran tanto las simples técnicas y destrezas como las estrategias de aprendizaje y razonamiento (Pozo y Postigo, 2000). Según estos autores, las técnicas constituyen una rutina automatizada como consecuencia del uso reiterado, mientras que las estrategias implican también la toma de decisiones sobre los pasos a seguir. El conocimiento procedimental se refiere a la habilidad de los estudiantes para dar solución desde sus propios recursos a problemas prácticos que involucran destrezas y conceptos. Incluye las relaciones entre las variables y la realidad que representan, la forma de recoger los datos, su representación e interpretación y la noción de probarlos (Duggan y Gott, 1995).

Acordamos con Pozo y Gómez Crespo (1998) quienes manifiestan que en la construcción del conocimiento científico por parte de cada sujeto, es necesario favorecer la explicitación de sus ideas previas tendiendo a la concreción de la integración jerárquica de ambos tipos de conocimiento. Además, Fumagalli (1993)

resalta la importancia de tener en cuenta el saber previo no sólo en el plano conceptual.

Teniendo en cuenta lo anteriormente señalado diseñamos actividades de diagnóstico que proponen situaciones, generalmente experimentales, para abordar contenidos conceptuales y procedimentales relacionados con la flotación de los cuerpos.

Barral (1990) sostiene que la flotación de los cuerpos es un fenómeno con el que estamos familiarizados desde pequeños y del cual tenemos numerosos registros sensoriales pero sin haber reflexionado sobre el conjunto del problema. En investigaciones referidas a la temática seleccionada encontramos que algunos estudiantes responden sobre flotación de los cuerpos desde un modelo conceptual aceptado científicamente como correcto, mientras que la mayor parte de los alumnos adoptan modelos alternativos no científicos para sustentar sus explicaciones (Alurralde y Salinas, 2003).

Las formas de razonamiento de los estudiantes son compartidas, con frecuencia, por los docentes, los redactores de libros de textos y los especialistas, lo que produce una permanente retroalimentación de sus representaciones (Welti, 2002). Nos proponemos investigar en qué medida y de qué manera las ideas de los alumnos se asemejan a las del resto de los participantes de los procesos de enseñar y aprender.

Desde una perspectiva amplia, la enseñanza de las Ciencias presenta una encrucijada cognitiva donde confluyen diversos conocimientos: académico, cotidiano, de ciencias, del alumno y del profesor (Marín Martínez, 2003). El contenido que llega al alumno de mano del docente dependerá del grado de comprensión de éste, de sus creencias sobre la enseñanza, el aprendizaje, la construcción del conocimiento de las Ciencias y el modo de enseñarlas.

Otro factor a tener en cuenta al analizar las dificultades es el libro de texto ya que contribuye a forjar los andamios intelectuales de alumnos y docentes además de constituir un instrumento que propicia la nivelación cultural y la propagación de las ideas dominantes (González y Sierra, 2004). En la actualidad el libro de texto en el aula desempeña varias funciones: como objeto de estudio, como material de consulta, como registro de las actividades del alumno, como colección de ejercicios propuestos y problemas a resolver, etc. Así, la práctica escolar y en muchos casos también la organización de la enseñanza están influidas notablemente por el libro de texto ya que éste condiciona, en la práctica, la enseñanza.

Como son muchas las investigaciones que demuestran que los libros de texto escolares sobre Ciencias contienen errores e imprecisiones de diverso tipo (Campanario, 2003), consideramos importante relacionar las dificultades de alumnos y docentes con la presentación de los contenidos que se hace en los textos. Para esto se hace necesario analizar las propuestas editoriales más utilizadas por docentes y alumnos, aunque en este estudio no pretendemos hacerlo de manera exhaustiva.

METODOLOGÍA

Muestra seleccionada

Para indagar acerca de las dificultades referidas al fenómeno de flotación seleccionamos dos muestras:

Muestra 1- Alumnos (A): 64 alumnos de 8° Año de EGB3 de una escuela estatal de San Juan (Argentina). Muestra 2 - Docentes (D): 25 docentes de Ciencias Naturales en EGB de San Juan (Argentina) con formación docente diversa (maestros, profesores de Ciencias Naturales, de Física o de Química, técnicos) que asistieron a cursos de capacitación.

Actividades de indagación para alumnos y docentes

Las actividades fueron propuestas en una guía que involucra:

- aspectos conceptuales: masa, peso, volumen, densidad, peso específico, presión, empuje, flotación y Principio de Arquímedes, entre otros
- aspectos procedimentales: habilidades de investigación, destrezas manuales y comunicación (según la clasificación de De Pro, 1998).

Algunas tareas se propusieron sólo para docentes (Actividades 3, 7, 8, 9, 10, 11 y 13) en un intento de realizar un diagnóstico más detallado tanto a nivel conceptual como procedimental y el resto para docentes y alumnos. En el **anexo 1** se presentan las mismas.

Implementación de las actividades de indagación

Muestra 1:

Trabajaron en las clases de Ciencias Naturales en grupos pequeños que se constituyeron por afinidad. Las experiencias se desarrollaron durante un módulo de clase (80 minutos).

Muestra 2:

Realizaron las actividades en grupos pequeños durante dos horas aproximadamente. Antes de comenzar a resolverlas indicamos a los docentes que:

- una parte de las mismas ya se había trabajado con alumnos,
- a extensión, aparentemente excesiva para un curso de alumnos de EGB, obedece a un análisis exhaustivo desde lo conceptual y desde lo procedimental,
- no se especificaba la bibliografía de consulta a fin de que ellos completaran este punto indicando los textos que usarían para trabajar dichos contenidos con sus alumnos.
- debían confeccionar una lista de los contenidos procedimentales involucrados en cada una de las actividades.

Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales

En el Esquema 1 presentamos los contenidos conceptuales abordados y sus relaciones. Este esquema no lo trabajamos en las instancias de aplicación del diagnóstico, sólo lo utilizamos desde la investigación para el diseño de las actividades y para el análisis de los resultados. En él se muestra el concepto de densidad como una propiedad que permite la identificación de sustancias, aunque también se lo utiliza para caracterizar el fenómeno de flotación. La flotación de un cuerpo sólido en un fluido se entiende como el hecho de estar suspendido en reposo, encontrándose una parte (o la totalidad) del cuerpo sumergido. Si bien no se han incluido algunas relaciones entre conceptos, consideramos conveniente agregar dentro de los contenidos la comparación de densidades del cuerpo y del fluido, ya que permitiría explicar la flotación en casos más generales (por ejemplo, entre fluidos).

Los contenidos procedimentales involucrados en las actividades son los que figuran en el Cuadro 1, clasificados atendiendo a la taxonomía propuesta por de Pro (1998).

En el plano actitudinal, tuvimos en cuenta contenidos que han de promoverse de acuerdo con el Diseño Curricular vigente. Algunos de ellos son:

- en cuanto al desarrollo personal: creatividad en la búsqueda de soluciones y aprecio por el trabajo autónomo y grupal.
- en cuanto al desarrollo socio-comunitario: tolerancia, cooperación e implicación en las actividades.
- en cuanto al desarrollo del conocimiento científico-tecnológico: búsqueda de respuestas a problemas que impliquen desafíos, cuidado en la toma de datos experimentales y disposición para revisar de modo crítico los resultados alcanzados.
- en cuanto al desarrollo de la comunicación y de la expresión: disposición a fundamentar los argumentos propios y consideración responsable de los ajenos.

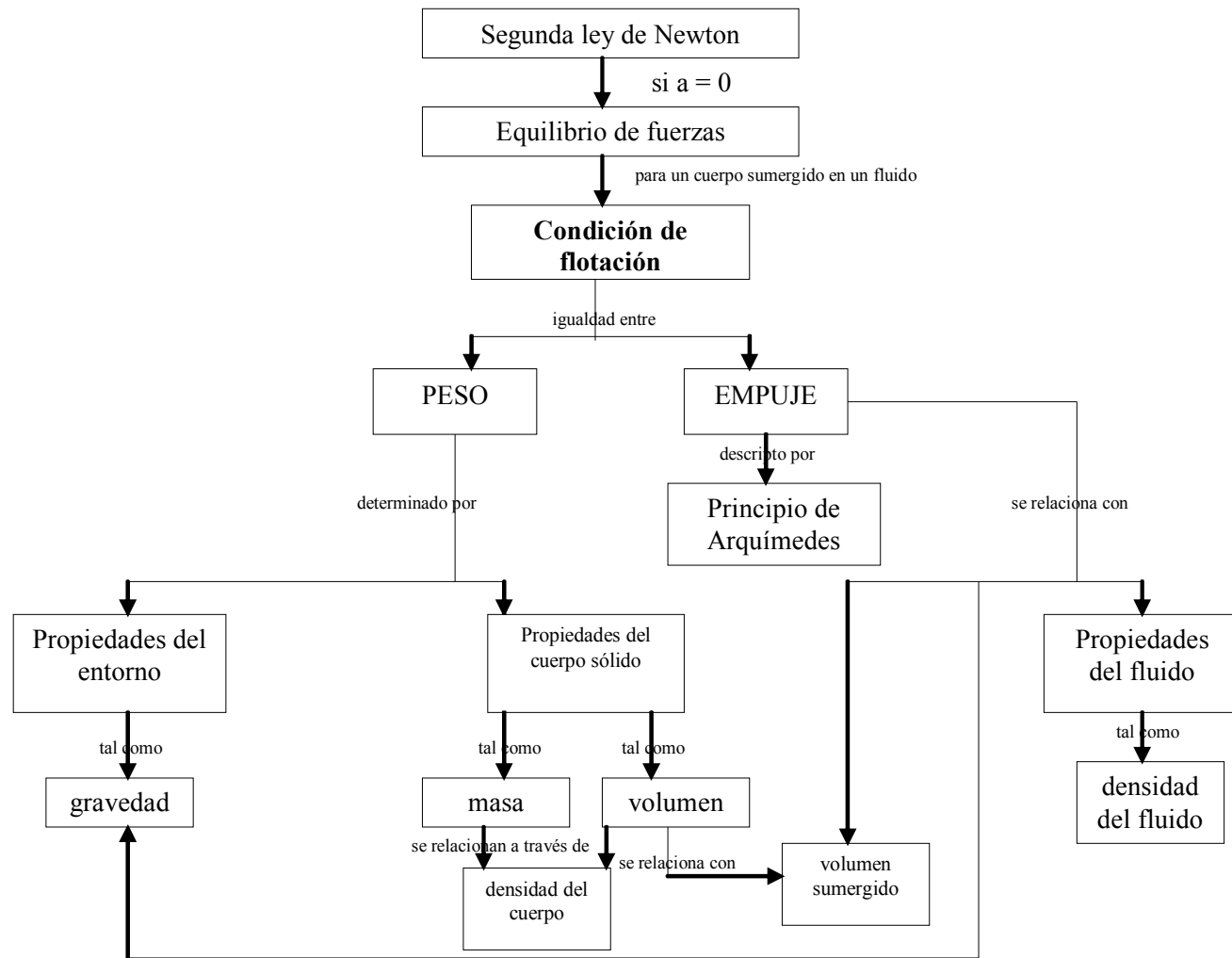
RESULTADOS OBTENIDOS

En el análisis de los resultados obviaremos ejemplificar para aquellos grupos de alumnos (A) y docentes (D) que completaron las actividades y respondieron las preguntas con el rigor científico esperado y nos limitaremos a detallar las dificultades tanto conceptuales como procedimentales.

Identificación de materiales respecto a su flotación en el agua

Esto se detecta en la Actividad 1 donde deben nombrar materiales que flotan o que se hunden en el agua, en la que:

- Enumeran los mismos materiales en ambas listas. Ej: papel y tiza (A), aluminio y goma (D).
- Mencionan objetos en vez de materiales, omitiendo indicar en qué condiciones flotan. Ej: frasco (A).



Esquema 1.- Relaciones entre los conceptos involucrados en las actividades.

	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES ESPECÍFICOS	ACTIVI DADES
HABILIDADES DE INVESTIGACIÓN	A.1. Identificación de problemas	Identificación de variables	4
	A.2. Predicciones e hipótesis	Establecimiento de conjeturas contrastables.	2a- 2b
	A.3. Relaciones entre variables	Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables. Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables.	7
	A.4. Diseños experimentales	Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación. Diseño y realización de experiencias para contrastar hipótesis o la validez de las predicciones.	5
	A.5. Observación	Observación y descripción del fenómeno de flotación. Representación esquemática de una observación, hecho, etc.	6 8
	A.6. Medición	Medición de volúmenes. Registro de datos.	6
	A.7. Clasificación y seriación	Utilización de criterios de clasificación.	1
	A.8. Técnicas de investigación	Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio.	6
	A.9. Transformación e interpretación de datos.	Interpretación de observaciones.	11
	A.10. Análisis de datos	Formulación de tendencias o relaciones cualitativas. Recogida, organización y tratamiento de datos acerca de la densidad de diferentes cuerpos. Interpretación de tablas de densidades.	10 9
	A.11. Utilización de modelos	Construcción de modelos que representen situaciones reales. Uso de fórmulas y modelos teóricos. Utilización de principios científicos (Principios de la Dinámica o Leyes de Newton; Principio de Arquímedes)	3 13
	A.12. Elaboración de conclusiones	Inferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso. Establecimiento de conclusiones o generalizaciones. Juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.	6- 13 12- 14
DESTREZAS MANUALES	B.1. Manejo de material y realización de montajes.	Manipulación del material y realización de montajes.	6
	B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones, etc.	Construcción de un dispositivo.	3
COMUNICACIÓN	C.1. Análisis de material escrito o audiovisual	Identificación y reconocimiento de ideas.	9
	C.2. Utilización de diversas fuentes	Búsqueda de datos e información en diversas fuentes. Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias, etc.	9 14
	C.3. Elaboración de materiales	Elaboración de informe abierto.	4

Cuadro 1.- *Contenidos procedimentales en el trabajo práctico de flotación de acuerdo a la clasificación de de Pro (1998).*

- Ejemplifican mediante enunciados demasiado generales. Ej: indican que *"las verduras y frutas se hunden en el agua"*(D).
- Tienen dificultades conceptuales en otros contenidos de Ciencias Naturales. Ej: mencionan los gases y el azúcar dentro del listado de materiales, sin tener en cuenta que podrían estar disueltos en el agua. (D).

Justificación de la flotación por la presencia de aire

- En la Actividad 2 explican que la caja flota *"porque la caja adentro tiene aire atrapado y hay que hacer presión para que se hunda"* y las placas juntas no flotan *"porque no tienen aire"* (A). Expresan que las placas juntas *"se hunden porque pierden el aire"* (D).
- En la Actividad 4 mencionan entre los factores de los que depende la flotación el aire contenido en un objeto (A-D). En ciertos casos se menciona *"la presión del aire contenido"* como factor influyente en la flotabilidad.
- En la Actividad 13 responden a la pregunta: ¿por qué los barcos flotan?, justificando en función del aire contenido (D).

Vinculación de la flotación con la superficie de contacto entre el objeto y el fluido, (posiblemente por la vinculación con el volumen de los cuerpos).

- En la Actividad 2 aparece el concepto de superficie justificando el hundimiento del paquete de placas. Ej: *"Porque la superficie es menor."* (A) o *"... hay menor superficie en las placas que en la caja armada..."*(D).
- En la Actividad 3 consideran que un barco hecho de plastilina *"... al tener mayor superficie se mantuvo en la superficie del agua."* (D) si se lo compara con un disco hecho del mismo material.
- En la Actividad 4 mencionan la superficie como uno de los factores de los que depende la flotabilidad de un objeto.(D)
- En la Actividad 13, cuando responden preguntas sobre objetos que flotan, surgen dificultades conceptuales al comparar superficies y no volúmenes sumergidos (D).

Influencia de la densidad promedio de un objeto en la flotación

- En la Actividad 7 al responder preguntas referidas a cambios en las variables intervinientes en la flotación, detectamos falta de uso del concepto de densidad (D).
- En la misma actividad no vinculan el cambio de volumen sumergido logrado mediante ciertas deformaciones del objeto con el cambio en la densidad promedio del cuerpo. (D).

Relación entre el peso y la forma del objeto

- En la Actividad 2 consideran que el paquete de las placas *"... se hace más pesado y se hunde"* (A) o que *"El peso es mayor al unir las placas"* (D).

Vinculación de la flotación con el tamaño (volumen) de objetos del mismo material

- Un análisis exhaustivo muestra que algunos docentes consideran que la flotabilidad depende del tamaño, en la enumeración de factores que hicieron en la Actividad 4. Esta misma dificultad se pone de manifiesto cuando incluyen la masa en la lista.

Identificación de las variables que dependen del fluido en la condición de flotabilidad

- En la Actividad 3 consideran que la flotación depende de la cantidad de agua (cantidad de fluido) contenida en el recipiente afirmando "*El barco flota con 14,5 ml de agua*"(D).
- En la Actividad 13 cuando responden preguntas sobre objetos que flotan detectamos que no diferencian entre volumen del fluido desalojado y fuerza de empuje.
- Un grupo confunde la densidad del líquido y del objeto en la Actividad 10 (D).

Identificación y representación de las fuerzas intervinientes en la flotación y sus características

- En la Actividad 2 manifiestan que sólo la fuerza de empuje es ejercida sobre el objeto por el entorno, indicando que la fuerza peso es "*ejercida por las placas*"(D).
- En la Actividad 8, cuando deben dibujar cada situación indicando la fuerza resultante sobre el objeto (D), detectamos que:

Representan las fuerzas en cualquier lugar del esquema sin considerar el punto de aplicación de las mismas.

No indican el nombre de las fuerzas a fin de diferenciarlas, ni especifican quién las ejerce sobre el cuerpo sumergido.

No respetan, razonablemente, una escala.

No diferencian la fuerza de reacción normal con el empuje para los cuerpos que se encuentran apoyados en el fondo del recipiente.

No tienen en cuenta que si un cuerpo está en equilibrio la fuerza resultante debe ser nula.

Indican que el vector peso y el vector empuje son iguales, sin considerar que tienen sentido opuesto.

Confunden fuerza con velocidad.

Manejo simultáneo de variables

- En la Actividad 11, para explicar los resultados de las experiencias realizadas comparan empujes entre sí (para diferentes cuerpos), lo cual muestra un razonamiento monoconceptual que caracteriza el pensamiento intuitivo (D).

Además de fijar su atención en una variable, suelen establecer relaciones entre variables no comparables o adjudicar vinculaciones incorrectas entre ellas.

Interpretación y aplicación de principios y leyes

- En la Actividad 9, notamos que al enunciar el Principio de Arquímedes en la mayoría de los casos, los docentes hicieron una copia textual de lo que aparece en los libros. No obstante, un grupo que intentó reescribir el enunciado del principio lo hizo en forma incorrecta confundiendo peso con peso específico.
- En la Actividad 13, cuando debieron responder preguntas usando las leyes de Newton en las condiciones para la flotabilidad de un objeto en un líquido, al aplicar los contenidos tratados sobre flotación, realizan pocas vinculaciones significativas.

Diseño y realización de experimentos

- En la Actividad 4, diseñaron y realizaron experimentos para probar las dependencias propuestas, tanto docentes como alumnos y no tuvieron en cuenta los factores enumerados al proponer las experiencias o no explicitaron la dependencia respecto de cuáles hipótesis estaban intentando verificar.
- En la Actividad 5 los diseños presentan las siguientes dificultades:

Sólo enumeran actividades sin un objetivo definido (A).

Describen una serie incompleta de pasos incluyendo resultados esperados, antes de realizar la experiencia (A).

Incluyen un diseño experimental desordenado en el que reformulan hipótesis iniciales y mezclan pasos con resultados (A).

Elaboran, en general, diseños experimentales demasiado pautados. En muchos casos se limitaron a detallar las experiencias propuestas en la Actividad 2 (D).

Algunos no lograron manejar las variables para corroborar las hipótesis (D).

Aunque sólo una minoría de alumnos propone diseños experimentales, fueron más creativos que los docentes.

- En la Actividad 6 al verificar experimentalmente las hipótesis formuladas, notamos que:

Describen los pasos pero no realizan la experiencia (A).

Comprueban rudimentariamente la dependencia de los factores propuestos. Ej: *"Era verdad que depende del peso y del aire... la patata se hundió por el peso, el corcho flota por el aire..."* (A).

Encuentran en el experimento la dependencia de otros factores, además de los enunciados en la Actividad 4. Ej.: *"Además del aire encerrado importa también la forma, tamaño, peso, etc."* (A)

Hay quienes no corroboran lo que propusieron como factores de dependencia en la Actividad 4 (A) y en algunos casos confirman sus hipótesis erróneas iniciales como se detecta en los dos ejemplos anteriores.

- En la Actividad 3 en la realización de experiencias, detectamos que algunos docentes no tuvieron en cuenta las limitaciones de los instrumentos de medición disponibles. Al indicar el cambio en el nivel de agua en el recipiente, no hacen referencia a la imposibilidad, en algunos casos, de medir variaciones del nivel del líquido con los instrumentos proporcionados (D).

Elaboración de conclusiones

En la Actividad 12, las conclusiones son:

- Poco claras (A).
- Disociadas con los resultados obtenidos en las experiencias y muy generales (A)
- Análogas a sus afirmaciones iniciales (A).
- Descripciones en detalle de los resultados de los experimentos sin lograr una síntesis (A).
- Enumeración de variables, que en algunos casos no corresponden (D).
- Reafirmaciones de algunas hipótesis iniciales incorrectas desde el punto de vista conceptual. Ej.: *"A mayor peso menor empuje, a menor peso mayor empuje"* (D).

Una de las tareas propuestas a los docentes se refiere a la identificación de los contenidos procedimentales en el práctico. Las enumeraciones realizadas muestran que hay:

- desconocimiento de los contenidos procedimentales (algunos grupos no contestan o lo hacen en forma incorrecta),
- indiferenciación de contenidos procedimentales y actividades o estrategias que se proponen en el aula y
- poca capacidad de adaptación de los contenidos procedimentales que habitualmente trabajan en sus clases, para reconocerlos en un contexto diferente.

Muchos de estos resultados pueden relacionarse con la heterogeneidad en la formación de los docentes de la muestra.

¿Cómo los libros de texto de EGB 3 tienen en cuenta estas dificultades?

La mayoría de los textos consultados y recomendados por los docentes han sido escritos para alumnos de EGB. En ellos hemos indagado en qué medida favorecen (o dificultan) el aprendizaje de la flotación. Un análisis detallado de las propuestas editoriales se encuentra publicado en Mazzitelli et al. (2005).

Para explicar el fenómeno de flotación puede escogerse entre varios modelos explicativos (Álvarez Pérez y Bernal Gómez, 2000). Esta variedad de modelos se basan en un conjunto distinto de conceptos centrales (el de Arquímedes, el de Galileo, el de densidades o peso específico, el de diferencia de presiones y el de energía mínima). Los mismos han surgido en diferentes etapas de desarrollo del conocimiento científico. En este diagnóstico de identificación de dificultades relacionadas con la flotación, consideramos aceptable la justificación del fenómeno desde cualquiera de estas

posturas teóricas. En este estudio seleccionamos el modelo de Arquímedes para el diseño de las actividades de indagación. Detectamos que además es el único modelo mencionado por alumnos y docentes.

Los textos consultados también se limitan a usar el modelo de Arquímedes. En éstos, el enunciado del principio suele aparecer en las proximidades del tratamiento del concepto de presión hidrostática, aunque no se pone de manifiesto la relación entre estos contenidos. Algunas propuestas curriculares como la de Kariotogloy, Koumaras y Psillos (1993), consideran que los alumnos deberían entender el empuje como la resultante de las fuerzas de presión ejercidas por el fluido sobre cada cuerpo inmerso en él, aunque no hemos detectado este tratamiento en los textos sugeridos por los docentes.

El principio de Arquímedes solamente se enuncia, en la mayoría de los casos y en otros se justifica empíricamente con imágenes de balanzas que muestran que el empuje es igual al peso del volumen del fluido desalojado. La representación vectorial de empuje y peso en muchos casos es incorrecta. En general no se incluyen ejemplos ni ejercicios de aplicación. En otros casos, se proponen algunas actividades confusas que si no son trabajadas con la ayuda del docente no tienen sentido y/o podrían favorecer el afianzamiento de ciertas ideas erróneas.

Consideramos que algunas características comunes que influyen potencialmente en el aprendizaje y que merecen especial atención, deberían incluirse en los textos, tales como:

- explicitación de ideas previas: en la mayoría de los textos no se incluyen actividades que ayuden a explicitarlas, pero en algunos se formulan preguntas para el debate que podrían permitir sacar a la luz estas ideas.
- confrontación ideas previas – conocimiento científico: generalmente no se favorece un conflicto cognitivo a través de textos, imágenes, ejemplos o actividades. Así, aunque el texto o el docente propusieran actividades de explicitación de las ideas previas, sin un posterior análisis crítico de las mismas, no se favorecería la integración jerárquica y el estudiante probablemente conservaría lo que dice el sentido común o la experiencia cotidiana acerca de la flotación.
- evaluación de los aprendizajes entendidos como integración jerárquica entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico: generalmente las actividades que se incluyen al finalizar los temas apuntan a relacionar contenidos y no a verificar el logro del aprendizaje de los conceptos involucrados.

REFLEXIONES FINALES

Los resultados de nuestro estudio muestran la existencia de un modelo alternativo a la ciencia escolar para la flotación de los cuerpos, ya identificado en investigaciones anteriores, que sostiene que los cuerpos flotan si contienen aire en su interior. Hemos podido identificar en este estudio exploratorio que las dificultades no se limitan al

plano conceptual sino que los estudiantes necesitan que las estrategias propuestas contemplen cuestiones procedimentales que una adecuada formación científica no debería descuidar.

Los resultados obtenidos confirman los encontrados para las teorías previas de los sujetos en un estudio muy exhaustivo realizado por Baillo y Carretero (1997) en los siguientes aspectos (nos referimos sólo a los resultados obtenidos para estudiantes de edad comparable a la de la muestra utilizada en nuestro estudio):

- el peso se considera como factor esencial en la explicación del fenómeno con escasísima intervención de la relación peso-volumen, en las teorías de los sujetos.
- el volumen (en la mayoría de los casos) no forma parte de los conceptos con los que construyen sus teorías sobre la flotación.
- sólo los sujetos de mayor edad relacionan el peso y el volumen del objeto (utilizando o no el concepto de densidad) o entre esta relación y la correspondiente en el caso del agua.

Harlen (1994) cuando se refiere a las ideas de los niños sobre el fenómeno "flotar", expresa que muchos indican que un objeto flota o no según la magnitud de la porción del objeto que sobresale del agua y la que queda fuera de ella y otros consideran que el movimiento afecta la flotación. Dadas las características de nuestro trabajo no han surgido estas ideas. Sin embargo algunas tendencias encontradas por este autor coinciden con los resultados obtenidos, tales como la influencia de: tamaño (considerando que un objeto grande flotará menos que uno pequeño del mismo material) y profundidad del agua (considerando que un objeto se hundiría más en aguas profundas).

Nuestro estudio confirma además lo afirmado por Kariotogloy, Koumaras y Psillos (1993) quienes expresan al realizar un resumen de las concepciones más frecuentes acerca de los fluidos que muchos alumnos no reconocen los factores que afectan el empuje, o incluso si ellos saben la fórmula respectiva, no están en condiciones para aplicarla en la predicción de fenómenos relevantes.

Numerosos trabajos de investigación han puesto de manifiesto que las consecuencias del principio de Arquímedes no son aprendidas con facilidad por los estudiantes (Barral, 1990). Según este autor, algunas dificultades podrían relacionarse con que el empuje, considerado como concepto clave para entender la flotación, es una fuerza y generalmente los estudiantes tienen dificultades con este concepto. La persistencia de algunas concepciones equivocadas aún después de haber tratado el principio de Arquímedes, tanto en los alumnos como en los docentes con que trabajamos en esta investigación, muestra que no se aprecia la necesidad de la existencia del empuje para que los objetos floten.

Lo más preocupante es que las dificultades, aunque en menor grado, también se manifiestan en los docentes, por lo que consideramos que es necesario que asumamos una actitud reflexiva frente a nuestros propios conocimientos disciplinares. A través de la actualización continua podremos superar nuestros esquemas simplificados sobre algunos fenómenos. Otro recurso que podría contribuir a superar las dificultades es el

trabajo interdisciplinario entre docentes de Ciencias Naturales de una misma institución.

Si bien las investigaciones sobre las dificultades acerca de la flotación son objeto de interés en el ámbito de la enseñanza de las Ciencias Naturales, aún no está resuelto cómo se debería enseñar, qué conocimientos deberíamos mejorar los profesores y cómo debería tratarse en los libros de texto. Nuestro equipo de trabajo se encuentra actualmente dedicado al diseño y aplicación de propuestas áulicas y al asesoramiento y actualización de docentes tanto en lo referido a los conocimientos científicos como al plano metodológico de la enseñanza. Consideramos que somos los docentes quienes debemos realizar una mirada crítica sobre nuestras propias prácticas y sobre los materiales que utilizamos, a fin de buscar soluciones adecuadas a las dificultades descriptas. Con respecto a los libros de texto, una opción para aprovechar los recursos disponibles sería la propuesta por Campanario (2003) quien impulsa una nueva línea de actuación orientada a la práctica diaria en el aula: el uso de los errores e imprecisiones de los libros de texto de Ciencias como un recurso más en la enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alurralde, E. y Salinas, J. (2003). ¿Cómo explican los estudiantes la flotación? *Memorias de la Décimotercera Reunión Nacional de Educación en Física*. Río Cuarto (Argentina).
- Álvarez Pérez, V.M. y Bernal Gómez, M. (2000). Explicaciones cotidianas y científicas sobre flotar y hundirse. *Alambique*, 25, pp55-65.
- Baillo, M. y Carretero, M. (1997) Desarrollo del razonamiento y cambio conceptual en la comprensión de la flotación. En M. Carretero (comp.), *Construir y enseñar las Ciencias Experimentales*. Buenos Aires: Aique.
- Barral, F.M. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 244-250.
- Campanario, J. M. (2003). De la necesidad virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), pp. 161-172.
- De Pro, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*. 16(1). pp. 21-42.
- Duggan, S. y Gott, R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *International Journal of Science Education*, 17(2), pp. 137-147.
- Fumagalli, L. (1993). *El desafío de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Ed. Troquel.
- González, M. T. y Sierra, M. (2004). Metodología de análisis de libros de texto de Matemáticas. Los puntos críticos en la enseñanza secundaria en España durante el siglo XX. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), pp. 389-408.
- Harlen, W. (1994). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
- Kariotogloy, P., Koumaras, P y Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena. *Physics Education*. 28 (3).
- Marín Martínez, N. (2003). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), pp. 65-78.

- Mazzitelli, C.; Maturano, C.; Núñez, G. Pereira, R y Macías, A. (en prensa). ¿Aportan los libros de texto soluciones a las dificultades de los alumnos sobre la flotación de los cuerpos? Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Granada. España. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente: ensayo sobre la construcción de las estructuras operatorias formales*. Buenos Aires: Paidós.
- Pozo, I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ed. Morata.
- Pozo, J.I. y Postigo, Y. (2000). *Los procedimientos como contenidos escolares. Uso estratégico de la información*. Barcelona: Edebé.
- Welti, R.(2002). Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 261-270.

Agradecimiento: A la U.N.S.J. que avala y subsidia esta investigación.

ANEXO 1

1. Nombren materiales que floten y otros que se hundan en el agua.
2. Analicen las siguientes situaciones:
 - (a) Tenemos 6 placas de hierro con las que se ha armado una caja. Si colocamos ésta en el agua, flota. Si desarmamos la caja, atamos las seis placas y las colocamos nuevamente en el agua, ¿qué creen que ocurrirá? ¿por qué?
 - (b) Una botella de vidrio tapada (que contiene sólo aire en su interior) se coloca en un recipiente con agua y se observa que flota. Si se rompe la botella y los vidrios se arrojan al agua, ¿qué creen que ocurrirá? ¿por qué?
3. Moldeen un disco de plastilina y sumérjanlo en el agua. ¿Qué sucede?
Construyan ahora un "barco" de plastilina y colóquenlo en el agua. Midan el cambio en el nivel del agua. Anoten todas sus observaciones.
4. A partir del análisis de las respuestas a las actividades anteriores, señalen de qué factores dependerá que un objeto flote o no en el agua.
5. Piensen cómo diseñarían experimentos para comprobar lo señalado en la actividad 4. ¿Qué pasos seguirían?
Nota: Para la realización del experimento disponen del siguiente material: recipiente graduado para medir volúmenes, regla, cuchillo, corcho, plastilina y una patata.
6. Realicen los experimentos diseñados. Dibujen lo observado en cada caso. Anoten todos los valores y observaciones que consideren importantes. ¿Se verifica lo que propusieron en la actividad 4?
7. A partir de los resultados obtenidos y realizando nuevas experiencias si fuera necesario respondan:
¿Qué pasa cuando cambia el material de que está hecho el objeto que se coloca en el agua?
¿Qué ocurre si cambia la forma del objeto?
¿Qué sucede si cambiamos el agua por otro líquido?
8. Dibujen cada situación indicando la fuerza resultante sobre el objeto en cada caso.
9. Busquen en la bibliografía:
¿Qué se entiende por densidad?
¿Qué valores de densidad se han medido para los materiales y líquidos con los que están trabajando?
¿Cuál es el enunciado del principio de Arquímedes?
10. ¿Qué relación debe existir entre la densidad del cuerpo y la densidad del líquido para que flote?

11. Expliquen los resultados de las experiencias aplicando el principio de Arquímedes.
12. A partir de las actividades realizadas, elaboren las conclusiones correspondientes.
13. Tratando de usar las condiciones para la flotabilidad de un objeto en un líquido, intenten responder las cuestiones siguientes: ¿Flota el hielo en el agua? ¿Por qué los icebergs son peligrosos? ¿Flota el hierro en el agua? ¿Cómo puede flotar un barco si en su mayor parte está hecho con materiales de densidad muy parecida a la del hierro?
14. Comparen los resultados obtenidos con los de otro grupo de compañeros para reafirmar o no las conclusiones. Redacten una síntesis sobre la comparación entre grupos.

SUMMARY

In this paper we analyze the conceptual and procedural difficulties of students of EGB 3 (average age 14 years), related with the floating of bodies. This is an exploratory study which is supplemented with an inquiry made to teachers of the same educational level, in which we proved that many of the problems detected in the students are also shown by the teachers. Besides, we examined the texts used by teachers and students, finding some coincidences with the inconveniences found.

Key words: *floating; difficulties; students; teachers.*